Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1123-1138

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1138-1123

تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

فریده اکبری[1]، مهدی دهمرده[2*]، علی مرشدی[3]، احمد قنبری[4] و سرور خرم دل[5]

تاریخ دریافت: 1397/02/01
تاریخ پذیرش: 1397/05/28

اکبری، ف.، دهمرده، م.، مرشدی، ع. قنبری، ا.، و خرم‌دل، س. 1398. تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلوط ذرت و لوبیا. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1138-1123.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر ویژگی‌های شیمیایی و وزن مخصوص ظاهری خاک در کشت مخلـوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان شهرکرد در سال زراعی 96-1395 اجرا شد. خاک‌ورزی در سه سطح (رایج، کم‌خاکورزی و بـی‌خـاک‌ورزی) به‌عنوان عامل اصلی، مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، 30، 60 و 90 درصد وزن بقایای گندم) به‌عنوان عامل فرعـی و پـنج سـطح کشـت مخلوط (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت 2:2 ذرت و لوبیا، نسبت 3:1 ذرت و لوبیا و نسبت 1:3 ذرت و لوبیا) به‌عنوان عامل فرعی فرعـی مدنظر قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل درصد تغییرات محتوی عناصر پرمصرف (شامل نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسـترس)، وزن مخصوص ظاهری و ترسیب کربن خاک بود. نتایج نشان داد که عملیات خاک‌ورزی، محتوی نیتروژن کل، کربن آلی، پتاسیم قابل دسترس و وزن مخصوص ظاهری خاک را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد؛ به‌طوری‌که افزایش شدت خاک‌ورزی موجب کـاهش میـانگین ایـن صـفات گردیـد. بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ترسیب کربن خاکبه‌ترتیب در تیمار 90 درصد بقایا، سیستم بدون خاک‌ورزی و نسبت کشت 2:2 برابر با 4154/33 کیلوگرم در هکتار و تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و کشت خالص لوبیا برابر با 836/33 کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. از کارکردهای مهم اکوسیستمی مرتبط با کشت مخلوط، افزایش تولید و به‌تبع آن توان ترسیب کربن گیاه می‌باشد که با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان عنوان کرد که اجرای تیمار بدون خاک‌ورزی همراه با بقایای گیاهی وکشت مخلوط با بهبود ذخیره کربن آلی خاک، می‌توانند در راستای تعدیل اثرات منفی تغییر اقلیم مفید واقـع گردند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل دسترس، تخلخل خاک، ترسیب کربن، خاک‌ورزی حفاظتی

مقدمه

نوع و شدت نظام خاک‌ورزی از طریـق ایجـاد تخریـب و بـرهم خوردن خاک خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Lithourgidis et al., 2006). خاک‌ورزی را بر اســاس شدت اعمال آن به سه دسته رایج، حفاظتی و حداقل تقسیم‌بندی می‌نمایند (El Titi, 2010) و در این بین، نظـام خـاک‌ورزی متوسـط و حفاظتی مورد تأکید بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (Busari et al., 2015; Soane et al., 2012).

به‌کارگیری خاک‌ورزی‌های کاهش یافته و حفاظتی در درازمـدت از طریق کاهش آب‌شویی و کاهش تلفات عناصر غذایی سبب بهبـود

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشیار و استاد گروه زراعـت دانشگاه زابل
3-دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
5- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72178

حاصلخیزی و باروری خاک می‌شود (Bhatt & Khera, 2006). رولدان و همکاران (Roldan et al., 2003) با بررسی شاخص‌های پایداری خاک در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی در نواحی گرمسیری و محصولات ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نتیجه گرفتند که روش بدون خاک‌ورزی تجمع بقایای گیاهی را در سطح خاک افزایش داد و در بهبود خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک در مقایسه با خاک‌ورزی رایج بسیار مؤثر بود. دام و همکاران (Dam et al., 2004) با بررسی اثر سه روش خاک‌ورزی و تیمار بقایای گیاهی (بدون کاربرد و با کاربرد بقایای ذرت) بر خصوصیات خاک، گزارش کردند که وزن مخصوص ظاهری خاک به‌ویژه در عمق 10-0 سانتی‌متری در روش بی‌خاک‌ورزی 10 درصد بیش‌تر از خاک‌ورزی مرسوم بود.

بسکانسا و همکاران (Bescansa et al., 2006) گزارش کردند که پس از پنج سال کشت متوالی جو (*Hordeum vulgare* L.)، وزن مخصوص ظاهری خاک در عمق صفر تا 15 سانتی‌متری در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی همراه با سوزاندن بقایای گیاهی نسبت به کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بیش‌تر بود. هم‌چنین در سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی، وزن مخصوص ظاهری در لایه 30-15 سانتی‌متری خاک که دقیقاً زیر لایه شخم‌خورده بود، هشت درصد افزایش یافت، درحالی‌که در دیگر سیستم‌های خاک-ورزی تغییر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد.

بقایای گیاهی به‌عنوان یک نهاده درون مزرعه‌ای برای حفظ ماده آلی خاک و بازگرداندن عناصر غذایی به خاک مطرح شده‌اند (Berg, 2000). اثرات مثبت حفظ بقایای گیاهی بر بهبود کیفیت خاک بیش‌تر به بازچرخش عناصر غذایی نسبت داده شده است (Lal, 2005). به‌طور متوسط 4×10^{15} گرم در سال بقایای گیاهی حاوی 0/8 درصد نیتروژن، 0/1 درصد فسفر و 1/3 درصد پتاسیم می‌باشند، از این‌رو مقدار NPK موجود در بقایای گیاهی را حدود 11×10^{6} Mg گزارش کرده‌اند (Sudin et al., 2016; Lal, 2005). وارما و بهگات (Verma & Bhagat, 1992) گزارش کردند که اختلاط کاه برنج (*Oryza sativa* L.) با خاک در کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) منجر به افزایش قابل توجه محتوی فسفر قابل دسترس، منیزیم، روی و پتاسیم قابل دسترس خاک شد. برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک و تشکیل بیش‌تر خاکدانه‌ها می‌شود که این موضوع منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Kahlon et al., 2013; Blanco-Canqui, 2006). شارما و آچاری (Sharma & Achary, 2000) رابطه منفی و معنی‌داری بین حفظ بقایای گیاهی و وزن مخصوص ظاهری گزارش کردند. تفاوت در وزن مخصوص ظاهری احتمالاً می‌تواند به محتوای کربن آلی خاک بیش‌تر در حضور بقایا، نسبت به شرایط بدون بقایا باشد. گنگوار و همکاران (Gangwar et al., 2006) گزارش کردند که ترکیب کردن بقایای محصول به‌دلیل بهبود تخلخل باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری (1/58 مگاگرم بر متر مکعب) و حذف بقایای محصول باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری بیش‌تر (1/62 مگاگرم بر متر مکعب) شد.

باتوجه به اینکه قابلیت خودتنظیمی بوم‌نظام‌های کشاورزی در نتیجه فشرده‌سازی این بوم‌نظام‌ها از بین رفته است، ارتقاء تنوع زیستی در این بوم‌نظام‌ها در جهت احیای آن‌ها تأثیرگذار است. تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی منجر به تنظیم جمعیت آفات از طریق کنترل طبیعی حشرات آفت و بیماری‌ها می‌شود و هم‌چنین چرخه‌های عناصر غذایی و سلامت خاک از طریق فعالیت‌های میکروبی احیا می‌گردد و ممکن است سایر خدمات بوم‌نظام مانند پایداری خاک،کنترل فرسایش خاک و ترسیب کربن را افزایش دهند (Schroder et al., 2007). در نهایت، مجموعه این عوامل منجر به تولید پایدار و وابستگی کم‌تر به نهاده‌های خارجی می‌گردد (Anderson & Lockeretz, 2003). بسیاری از محققان مهم‌ترین عامل افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی را حضور کشت‌های مخلوط در این سیستم‌ها می‌دانند (Nassiri Mahallati et al., 2001; Vandermeer, 1992). افزایش تنوع محصولات از طریق کشت مخلوط می‌تواند در بهبود کارکردها و خدمات اکوسیستمی مؤثر باشد.

نظر به اهمیت حفظ منابع تولید به‌ویژه خاک در طول مراحل تولید پایدار محصول، مدیریت بقایای گیاهی، به‌کارگیری کشت مخلوط و کاهش شدت خاک‌ورزی به‌ضرورت احساس می‌شود. بنابراین، با توجه به تأثیر بسزای خاک‌ورزی و کاربرد بقایای گیاهی و افزایش تنوع از طریق کشت مخلوط بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سه نوع سطح خاک‌ورزی و چهار سطح بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شرایط آب‌وهوایی شهرکرد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 96-1395 در مزرعه ایستگاه چهارتخته مرکز تحقیقات شهرستان شهرکرد با موقعیت 49 درجه و 22 دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی 32 درجه و 20 دقیقه شمالی و در ارتفاع 2060 متر از سطح دریا انجام شد. اقلیم منطقه شهرکرد به‌روش دومارتن- گوسن و کوپن به‌ترتیب نیمه‌خشک- استپی سرد و معتدل سرد با تابستان‌های گرم‌وخشک است. میزان بارش متوسط سالانه در این منطقه حدود 330 میلی‌متر و متوسط دما 11/8 درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. خاک‌ورزی در سه سطح شامل خاک‌ورزی رایج با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک، کم خاک‌ورزی با استفاده از دیسک و فاروئر و بی‌خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی و مدیریت بقایای گیاهی در چهار سطح (صفر، 30، 60 و 90 درصد وزن بقایای گندم) به‌عنوان عامل فرعی و کشت مخلوط ذرت (رقم K.S.C 704) و لوبیا چیتی (رقم صدری) در پنج سطح (کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، نسبت 2:2 ذرت و لوبیا، نسبت 3:1 ذرت و لوبیا و نسبت 1:3 ذرت و لوبیا) به‌عنوان عامل فرعی- فرعی در نظر گرفته شد.

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت، نمونه‌برداری از عمق 30-0 سانتی‌متری انجام شد که نتایج آن در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil before start of the experiment

وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت Texture
1.4	217	8.6	0.087	0.624	0.735	7.86	لومی-رسی Clay-loam

در اوایل بهار قطعه زمینی به مساحت 2400 متر مربع انتخاب شد. به‌منظوراعمال تیمارهای بقایای گیاهی، بقایای گندم از خارج از مزرعه تأمین شد و مقدار بقایای لازم برای هر تیمار بر اساس مقدار کاه و کلش تولید شده (8200 کیلوگرم در هکتار) محاسبه و اعمال گردید و سپس عملیات خاک‌ورزی صورت گرفت. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به‌طول دو متر و فاصله 60 سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی دو و نیم، کرت‌های فرعی دو و کرت‌های فرعی فرعی یک متر در نظر گرفته شد. فاصله دو بوته روی ردیف برای لوبیا و ذرت به‌ترتیب پنج و 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه تیمارهای خاک‌ورزی نیاز به کرت‌های بزرگ دارند به‌عنوان عامل اصلی در نظرگرفته شد. بدین ترتیب، در هر پلات اصلی تعداد 20 تیمار وجود داشت، بنابراین، در طول هر پلات اصلی 48 متر باعرض دو متر، خاک‌ورزی اعمال گردید.

به‌منظور جلوگیری از تأثیر زیست‌توده علف‌های هرز بر خصوصیات خاک، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی و توسط کارگر در طول فصل رشد انجام شد. آبیاری به‌صورت بارانی در ابتدای فصل رشد با فاصله زمانی چهار روز و بعد از آن با فاصله زمانی یک هفته صورت گرفت. در طی مرحله گرده افشانی ذرت که حدوداً 10 روز به طول انجامید، آبیاری در شب انجام شد تا بساک‌ها در اوایل صبح باز و هوای سرد و مرطوب باعث تأخیر و هوای گرم و خشک باعث تسریع در باز شدن بساک‌ها و گرده‌افشانی نگردد.

به‌منظور ارزیابی خصوصیات خاک، پس از اجرای عملیات خاک‌ورزی و اعمال تیمار بقایا و در پایان فصل و پس از برداشت گیاهان نمونه‌برداری از خاک به‌صورت تصادفی از عمق 30-0 سانتی‌متری انجام شد. محتوی نیتروژن کل بر اساس روش هضم تر با استفاده از کجلدال (Bremner, 1970)، فسفر به‌روش اولسن (Olsen, 1954)، پتاسیم محلول در استات آمونیوم به‌روش شعله- سنجی با دستگاه فلیم فتومتر (Varley, 1966) و وزن مخصوص ظاهری به‌روش پارافین مذاب (Black, 1965) اندازه‌گیری و تعیین شد. سپس درصد تغییرات میزان این صفات نسبت به شاهد (قبل از شروع آزمایش) تعیین گردید. میزان کربن آلی با روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) اندازه‌گیری و در نهایت، مقدار ترسیب

کربن بر حسب کیلوگرم در هکتار بر اساس معادله 1 محاسبه شد:

معادله (1) $$Cs = 10000 \times OC(\%) \times Bd \times E$$

در این معادله، Cs: مقدار کل کربن آلی خاک ($Kg.ha^{-1}$)، OC%: درصد کربن آلی خاک، Bd: وزن مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$) و E: عمق نمونه‌برداری بر حسب سانتی‌متر (Mahmoudi Taleghani et al., 2007) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوی نیتروژن کل،کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس

اثر متقابل خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و کشت مخلوط بر میزان نیتروژن و کربن آلی خاک معنی‌دار بود ($p \leq 0/05$) (جدول 2). بیش‌ترین میزان نیتروژن در تیمار بی‌خاک‌ورزی، 60 درصد بقایا و نسبت کشت 2:2 به‌دست آمد اگر چه با نسبت کشت 1:3 تفاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین میزان کربن آلی خاک در تیمار بی-خاک‌ورزی، 90 درصد بقایا و کشت مخلوط با نسبت 1:3 به‌دست آمد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر وزن مخصوص ظاهری و خصوصیات شیمیایی خاک

Table 2- Analysis of variance (mean squares) of the effects of tillagelevels, crop residues and corn - bean intercropping patterns on bulk density and chemical characteristics of soil

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	محتوی نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic C	محتوی فسفر قابل دسترس Available P	محتوی پتاسیم قابل دسترس Available K	وزن مخصوص ظاهری Bulk density
تکرار Replication	2	0.00000347*	0.0000316*	0.0072*	0.996ns	0.000233ns
سطوح خاک‌ورزی (T) Tillage levels (T)	2	0.00167*	0.197*	25.26*	3772.58*	0.0489*
خطای اصلی Main error	4	0.00000409	0.00046	0.0128	1.027	0.000994
بقایای گیاهی (R) Plant residues (R)	3	0.00168*	0.451*	52*	31018.60*	0.00681*
T × R	6	0.000253*	0.0420*	1.66*	536.79*	0.000487ns
خطای فرعی Sub plot error	18	0.00000298	0.000605	0.0086	0.622	0.000158
الگوهای کشت Planting patterns (P)	4	0.000045*	0.00849*	0.404*	581.13*	0.000323ns
P × T	8	0.0000660*	0.000929ns	1.830*	244.06*	0.000367ns
R × P	12	0.0000603*	0.00675*	0.748*	266.94*	0.000741*
T × R × P	24	0.0000641*	0.00738*	0.5004*	274.65*	0.000436*
خطای فرعی فرعی Sub-sub error	96	0.00000382	0.000682	0.0051	0.988	0.000179
ضریب تغییرات (%) CV%		2.53	3.78	1.87	1.58	1.09

اجرای نظام خاک‌ورزی حداقل با افزایش محتوی نیتروژن کل و کربن آلی خاک جلوگیری از فشردگی به‌واسطه کاهش تردد ماشین آلات خصوصیات کیفی خاک را بهبود می‌بخشد (Ozpinar, 2006; Bessam, 2003). مجموع کربن آلی و نیتروژن آلی خاک در شرایط استفاده از بقایا در مقایسه با عدم مصرف بقایا، به‌طور قابل توجهی بیش‌تر بود (جدول 3). بقایای گیاهی منبع اصلی از کربن به شمار می‌آیند که 40٪ از کل بیوماس گیاهی (بر اساس وزن خشک) را کربن تشکیل می‌دهد (Pal et al., 2016). بسیاری از محققان وجود

یک رابطه خطی بین مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک و کربن ورودی از بقایای گیاهی را گزارش کرده‌اند (Sainju et al., 2007; Wang et al., 2010). از این‌رو، انتظار می‌رود میزان کربن آلی خاک در تیمار 90 درصد بقایا بیش‌تر باشد. افزایش کربن آلی خاک در اثر اضافه کردن بقایای گندم به‌دلیل بالا بودن میزان کربن موجود و دارا بودن نسبتC:N بالا (60/37 درصد) منجر به تجزیه کندتر بقایا و در نتیجه افزایش کربن آلی خاک می‌شود. اکبری و همکاران (Akbari et al., 2011) و هم‌چنین ریکاس و همکاران (Recous et al., 1995) نیز سرعت کند تجزیه را بالا بودن نسبت C:N گزارش نمودند. امبا و اننجی (Mbah & Nneji, 2011) و ملحی و همکاران (Malhi et al., 2006) نیز افزایش معنی‌دار کربن آلی خاک در اثر تیمار مخلوط کردن بقایا را گزارش کرده‌اند. سطح کم‌تر کربن آلی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم احتمالاً در اثر بر هم خوردن خاک و اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی است که معمولاً با اختلال در خاکدانه‌های خاک و زیر و رو شدن بیش‌تر خاک این نظام خاک‌ورزی، به‌دلیل هوادهی و اکسیداسیون بیش‌تر تشدید می‌شود (Malhi & Lemke, 2007). برتری نسبت کشت مخلوط 1:3 و 2:2 در افزایش کربن آلی خاک می‌تواند به‌دلیل برتری (غالبیت) لوبیا بر ذرت باشد. در مطالعات مختلف (Nath et al., 2003; Aulakh et al., 2004; Swain & Patro, 2007) به افزایش کربن آلی خاک در سیستم‌های کشت مخلوط مانگو+ گواوا + لوبیا چشم بلبلی اشاره کرده‌اند. گیاهان لگومینوزه از طریق هم‌زیستی قادر به تثبیت بیولوژیکی N اتمسفری بوده و آن را برای محصولات همراه قابل استفاده می‌کنند از این‌رو منجر به افزایش کیفیت خاک و کربن آلی خاک می‌گردد (Van Kessel & Hartly, 2000; Kong et al., 2005; Abberton, 2010). در مطالعات صورت گرفته توسط فوراما و تیلمن (Fornara & Tilman, 2008) در چمن‌زارهایی که لوبیا حضور دارد با افزایش انباشت بیوماس در اندام‌های هوایی و زیرزمینی منجر به افزایش کربن ورودی به خاک می‌گردد.

گیاهان لگومینوزه قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوده و نیتروژن کم‌تری از خاک برداشت می‌کنند، در نتیجه نیتروژن بیش‌تری در خاک برای گیاهان زراعی در دسترس خواهد بود (Abiven et al., 2005). علاوه بر این، توزیع بیش‌تر نیتروژن در خاک از طریق تثبیت نیتروژن و ریزش برگ‌های پایینی لگوم‌ها باعث بهبود حاصلخیزی خاک و بهبود رشد گراس‌ها در مخلوط می‌شود (Njoka-Njiru et al., 2006). در مطالعه‌ای میزان نیتروژن خاک پس از برداشت در کشت خالص ذرت برابر 0/19 درصد گزارش شده درحالی‌که در کشت مخلوط ذرت با سویا (*Glycine max* L.)، ذرت با لوبیا معمولی و بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) مقدار نیتروژن خاک به‌ترتیب 0/23 و 0/22 درصد گزارش شد (Nzabi et al., 1999). نتایج مطالعه گیل و فیک (Gil & Fick, 2001) روی قابلیت دسترسی نیتروژن خاک در کشت خالص و مخلوط لگوم– گراس نشان دادند که در انتهای فصل رشد نیتروژن معدنی خاک در کشت مخلوط دو تا سه برابر کشت خالص گراس بود. تجزیه بقایای گیاهی یکی از مهم‌ترین منابع نیتروژن مورد مصرف گیاهان می‌باشد که نتیجه فرآیندهای پیچیده میکروبی بوده تحت عوامل زیادی مهار می‌شود که می‌توان به کیفیت بقایا و نسبت C:N، میزان لیگنین (Duong, 2009, Abera et al., 2012; Vahdat et al., 2011)، مدیریت، خصوصیات خاک و شرایط محیطی نظیر دما و تعامل بین آن‌ها اشاره کرد (Trinsoutrot et al., 2000, Abiven et al., 2005). در تیمار بی‌خاک‌ورزی کم‌تر بودن میزان نیتروژن خاک در کشت خالص ذرت می‌تواند به‌دلیل غیرمتحرک شدن نیتروژنی به‌واسطه بالا بودن نسبت C:N بقایای گندم باشد؛ درحالی‌که در دیگر نسبت‌های کشت مخلوط به‌دلیل حضور گیاه لگوم، نیتروژن مورد نیاز فعالیت‌های میکروبی تا حدی تأمین می‌گردد.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گندم و نسبت کشت 2:2 و خاک‌ورزی رایج، تیمار بدون بقایا و کشت خالص ذرت بود (جدول 3). در مطالعات متعددی به مقادیر زیادتر پتاسیم قابل تبادل در غیاب خاک‌ورزی (Thomas et al., 2007; Martin-Rueda et al., 2007; Limousin & Tessier, 2007) یا کاهش شدت خاک‌ورزی (Asghar et al., 1996; Lal et al., 1999; Guzmán et al., 2006) اشاره شده است. اسیدیته پایین خاک‌های خاک‌ورزی نشده می‌تواند هوادیدگی مواد معدنی و در نتیجه پتاسیم تبادلی را افزایش دهد (Markewitz & Richter, 2000).

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات شیمیایی خاک تحت سطوح خاک‌ورزی و بقایای گیاهی در الگوهای کشت ذرت و لوبیا

Table 3- Mean comparisons for soil chemical characteristics affected as tillagelevels, crop residues and intercropping of corn and bean

سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت intercropping patterns	نیتروژن کل Total N (%)				کربن آلی Organic C (%)				پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg^{-1})			
		درصد بقایای گیاهی Crop residues (%)											
		0	30	60	90	0	30	60	90	0	30	60	90
خاک‌ورزی رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	0.074^{l-m}	0.072^{l-m}	0.083^{gf}	0.069^{s-p}	0.41^{q}	0.613^{ml}	0.740^{fhg}	0.740^{fhg}	114^{f}	149.5^{xw}	155.83^{v}	164^{rs}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.061^{w}	0.071^{o-m}	0.073^{l-m}	0.062^{wv}	0.476^{op}	0.516^{on}	0.70^{jih}	0.740^{fhg}	122.5^{e}	157.66^{u}	165.16^{rq}	175.16^{n}
	2:2	0.062^{wv}	0.067^{s-t}	0.084^{g-f}	0.065^{w-t}	0.470^{p}	0.536^{n}	0.67^{jik}	0.720^{l-g}	132.5^{c}	168.16^{po}	166^{pq}	169^{o}
	3:1	0.076^{i-j}	0.072^{l-m}	0.074^{l-m}	0.071^{o-p}	0.363^{r}	0.620^{mkl}	0.720^{l-g}	0.72^{l-g}	122^{e}	156^{v}	164^{rs}	158^{n}
	1:3	0.066^{s-t}	0.064^{w-v}	0.078^{h}	0.072^{o-m}	0.446^{qp}	0.606^{m}	0.740^{fhg}	0.730^{fhg}	129.16^{d}	166^{q}	165.81^{q}	175.16^{n}
	ذرت خالص Corn sole cropping	0.075^{l-m}	0.073^{l-m}	0.088^{dc}	0.084^{g-f}	0.623^{mkl}	0.640^{mkl}	0.763^{feg}	0.760^{feg}	137^{b}	158^{u}	169.16^{o}	190.66^{j}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.076^{l-j}	0.082^{g}	0.087^{de}	0.084^{g-f}	0.656^{j-l}	0.663^{jkl}	0.840^{bcd}	0.760^{feg}	147.66z^{y}	162.5^{ts}	177^{m}	200.3^{f}
	2:2	0.075^{l-m}	0.077^{ih}	0.085^{d-f}	0.083^{g}	0.630^{mkl}	0.67^{jik}	0.746^{fhg}	0.746^{fhg}	150.16^{w}	168^{po}	195^{h}	210^{d}
	3:1	0.081^{h}	0.072^{l-m}	0.085^{d-f}	0.076^{i-j}	0.70^{jih}	0.633^{mk}l	0.746^{fhg}	0.760^{feg}	144.61^{a}	162^{t}	173.66^{n}	195.16^{h}
	1:3	0.07^{o-p}	0.083^{gf}	0.091^{bc}	0.076^{i-j}	0.633^{mkl}	0.720^{l-g}	0.760^{feg}	0.803^{ed}	138.66^{a}	174.33^{n}	177.83^{m}	208^{e}
کم‌خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	0.065^{u-t}	0.064^{w-v}	0.085^{d-f}	0.081^{g}	0.606^{m}	0.616^{fhg}	0.766^{feg}	0.750^{fgh}	138.66^{b}	164.8^{rq}	164^{rs}	184^{l}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	0.075^{l-m}	0.076^{l-j}	0.088^{dc}	0.087^{d-f}	0.716^{ihg}	0.640^{mkl}	0.843b^{cd}	0.826^{cd}	147^{zya}	165.16^{rq}	199g^{f}	218^{c}
	2:2	0.073^{l-m}	0.072^{l-m}	0.094^{a}	0.092^{ba}	0.610^{m}	0.726^{ml}	0.820^{cd}	0.863^{bc}	150.16^{w}	186^{kj}	206.66^{e}	233.33^{a}
	3:1	0.068^{s-t}	0.076^{i-j}	0.087^{d-f}	0.092^{ba}	0.616^{ml}	0.640^{mkl}	0.860^{bc}	0.88^{ba}	146^{az}	173.83^{n}	191^{i}	197.83^{g}
	1:3	0.071^{o-p}	0.073^{l-m}	0.094^{a}	0.083^{g}	0.703^{jih}	0.701^{jih}	0.770^{fe}	0.916^{a}	148^{xy}	174^{n}	200^{f}	225^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

*Mean fallowed by the same letters in each column, are not significantly different at the 5% probability level.

جدول 4- مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری خاک در سطوح خاک‌ورزی و بقایای گیاهی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا

Table 4- Mean comparisons for soil bulk densityaffected as tillage levels, crop residues and intercropping of corn and bean

سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت Planting patterns	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$) — درصد بقایای گیاهی Crop residues (%)			
		0	30	60	90
خاک‌ورزی رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.210^{n-o*}	1.170^{r}	1.173^{r}	1.180^{rq}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.203^{n-q}	1.210^{n-o}	1.180^{rq}	1.180^{rq}
	2:2	1.190^{qp}	1.226^{n-i}	1.190^{pq}	1.203^{n-q}
	3:1	1.180^{rq}	1.213^{n-k}	1.190^{pq}	1.116^{r}
	1:3	1.210^{n-o}	1.206^{n-o}	1.203^{n-q}	1.166^{r}
کم خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.230^{m-f}	1.230^{n-f}	1.233^{e-f}	1.230^{n-f}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.230^{m-f}	1.256^{e-f}	1.230^{n-f}	1.213^{n-k}
	2:2	1.213^{m-k}	1.236^{h-f}	1.220^{n-i}	1.216^{n-k}
	3:1	1.240^{e-f}	1.230^{n-f}	1.220^{n-i}	1.216^{n-k}
	1:3	1.230^{n-f}	1.23^{n-f}	1.233^{e-f}	1.210^{n-o}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1.250^{e-f}	1.240^{e-f}	1.240^{e-f}	1.23^{n-f}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1.276^{ba}	1.250^{e-f}	1.240^{e-f}	1.233^{e-f}
	2:2	1.280^{a}	1.246^{e-f}	1.223^{n-i}	1.220^{n-i}
	3:1	1.256^{e-f}	1.260^{e-c}	1.243^{e-f}	1.246^{e-f}
	1:3	1.273^{bac}	1.256^{e-f}	1.230^{n-f}	1.243^{e-f}

*میانگین‌های با حروف مشترک برای هر پارامتر بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه‌بندی متعدد تیمار به جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

*Means with the same letters are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range testRegarding the many number of treatments and grouping of several treatments, instead of all the letters of the group, only the first letter and grouping were mentioned on the numbers.

دیماریا و همکاران (DeMaria et al., 1999) با ارزیابی تأثیر روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل با گاوآهن قلمی بر میزان پتاسیم خاک نشان دادند که محتوی پتاسیم در تیمار بدون خاک‌ورزی بالاتر بود. به نظر می‌رسد با افزایش شدت خاک‌ورزی، رشد ریشه و جذب پتاسیم توسط گیاه افزایش یافته و در نتیجه مقدار پتاسیم موجود در خاک کاهش می‌یابد (Hosseini et al., 2015). اکبری و همکاران (Akbari et al., 2011) با کاربرد بقایای گیاهی مختلف در مزارع گندم نشان دادند که پتاسیم قابل استفاده خاک پس از 165 روز از کاربرد بقایا، افزایش چشمگیری داشت. ویتبرد و همکاران (Whitbread et al., 2000) نیز اظهار داشتند که برگرداندن بقایای گیاهی به خاک سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده خاک به مقدار هشت کیلوگرم در هکتار شد، درحالی‌که خارج کردن آن از خاک مقدار پتاسیم را بیش از 100 کیلوگرم در هکتار کاهش داد.

نتایج نشان داد افزایش نسبت ذرت در کشت مخلوط باعث کاهش میزان پتاسیم خاک و افزایش نسبت لگوم در کشت مخلوط باعث افزایش پتاسیم آن گردید. به نظر می‌رسد ذرت در جذب کاتیون‌های تک‌ظرفیتی مانند پتاسیم موفق‌تر بوده و افزایش نسبت لوبیا در مخلوط میزان پتاسیم در خاک را افزایش می دهد. در مطالعه هودیانی مهر و همکاران (Hodiani mehr et al., 2017) بیش‌ترین میزان پتاسیم خاک از کشت مخلوط 25 درصد چای ترش + 75 درصد ماش و کم‌ترین مقدار آن از کشت خالص چای ترش به‌دست آمد.

در مطالعه دهمرده (Dahmardeh, 2010) کم‌ترین میزان پتاسیم

خاک در کشت خالص ذرت و بالاترین میزان پتاسیم خاک در کشت مخلوط 100 درصد ذرت+ 100درصد لوبیا چشم بلبلی گزارش شد. مطالعه تغییرات عناصر غذایی خاک در کشت مخلوط ذرت و سویا نشان داد که مقدار پتاسیم خاک در کشت خالص ذرت و کشت مخلوط به‌ترتیب 0/72 و 0/78 میلی اکی والان در لیتر بود (Nzabi et al., 1999).

وزن مخصوص ظاهری خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سیستم‌های خاک‌ورزی، بقایای گیاهی و الگوهای مختلف کشت بر وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بود (جدول 2) و کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک در تیمار خاک‌ورزی رایج، 90 درصد بقایا و نسبت کشت 3:1 به‌دست آمد (جدول 4). از آن‌جا که وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار خلل و فرج خاک رابطه عکس دارد، به نظر می‌رسد اجرای خاک‌ورزی رایج با زیر و رو کردن خاک موجب افزایش تخلخل و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با سیستم‌های کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی شده است. نتایج مطالعه بلندمدت وین (Vyn, 1993) نیز مؤید این مطلب است که اعمال خاک‌ورزی رایج کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک را در مقایسه با نظام‌های بدون خاک‌ورزی به‌دنبال داشت. تریپاسی و همکاران (Tripathi et al., 2007) نیز کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک را در روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار مشاهده کردند. یکی از دلایل افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی این است که در این سیستم فقط در هنگام کاشت لایه سطحی خاک به هم می‌خورد و در اعماق پایین‌تر نه تنها به‌هم‌خوردگی ایجاد نمی‌شود، بلکه در اثر تردد ماشین‌آلات به‌میزان زیادی فشردگی نیز ایجاد شده و وزن مخصوص ظاهری خاک افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر در راستای گزارش‌های سایر پژوهشگران بود (Agostini et al., 2012) که نشان دادند وزن مخصوص ظاهری در شرایط بدون خاک‌ورزی افزایش می‌یابد.

برگرداندن بقایای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک می‌شود که این موضوع منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Singh-Kahlon et al., 2013; Blanco-Canqui, 2006). شارما و آچاری (Sharma & Achary, 2000) رابطه منفی و معنی‌داری بین حفظ بقایای گیاهی و وزن مخصوص ظاهری خاک گزارش کردند. در مطالعات متعددی به اثرات مثبت کشت مخلوط در کاهش وزن مخصوص ظاهری اشاره شده است (Swain & Patro, 2007 Hamzei & Seyedi, 2014; Akpan et al., 2016). اسوانوهمکاران (Swain et al., 2012) درمطالعه خود مشاهده کردند که کشت مخلوط مانگو + گواوا + لوبیاچشم‌بلبلی منجر به کاهش وزن مخصوص ظاهری در عمق 15-30 سانتی‌متر ($1/29\ g.cm^{-3}$) در مقایسه با کشت خالص این محصولات گردید ($1/36 g.cm^{-3}$) گردید. افزایش محتوی مواد آلی خاک منجر به بهبود وزن مخصوص ظاهری خاک می‌گردد (Maheswarappa et al., 1998). در واقع، کشت مخلوط با ایجاد مقادیر زیادی زیست‌توده منجر به بهبود خصوصیات خاک می‌گردد.

ترسیب کربن: بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین ترسیب کربن خاک به‌ترتیب در تیمار بدون خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گیاهی و نسبت کشت 2:2 و تیمار خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایا و کشت خالص لوبیا محاسبه شد (جدول 5). مقدار مواد آلی در خاک شدیداً تحت تأثیر شیوه‌های خاک‌ورزی قرار می‌گیرد. در بررسی‌های صورت گرفته توسط تان و همکاران (Tan et al., 2005)، جین و همکاران (Jin et al., 2009) و شان و همکاران (Shan et al., 2010) نیز بیش‌ترین کربن آلی در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی حاصل گردید.آن‌ها دلیل این افزایش را به کاهش اکسیداسیون ماده آلی به‌واسطه عدم برهم خوردن خاک نسبت دادند. می‌توان گفت، اضافه کردن باقی‌مانده بقایای گیاهی و یا اختلاط به‌صورت سطحی می‌تواند تشکیل خاکدانه‌های خاک را افزایش و در نهایت با کاهش معدنی شدن کربن و ترسیب کربن را افزایش دهد. چون این تراکم بقایای گیاهی در سطح می‌تواند سطح خاک را از هر گونه عامل فرساینده تا حدی حفاظت کند. در نهایت، ساختمان خاک بهبود پیدا کرده و از طرفی با جلوگیری از اثر مستقیم نور خورشید و کاهش حرارت خاک، معدنی شدن کربن خاک را کاهش داده (Thelen et al., 2010) و هم‌چنین باعث حفاظت فیزیکی کربن خاک شده (Blanco-Conqui et al., 2007) و میزان کربن آلی خاک افزایش پیدا می‌کند (Kukal et al., 2009).

خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2016) میانگین ترسیب کربن خاک مزارع کلزا را 3/46 تن در هکتار گزارش کردند. دلیل پایین بودن ترسیب کربن خاک به محتوی پایین ماده آلی خاک در مزارع استان خراسان نسبت داده شد. هم‌چنین با توجه به پایین بودن میزان ماده آلی خاک (Mc Conkey et al., 2003;

(Hajabbasi & Hemmat, 2000) و تأثیر مثبت بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به‌ویژه محتوی کربن آلی، توصیه می‌شود مصرف بقایا جهت بهبود ماده آلی خاک به‌ویژه در بوم‌نظام‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مد نظر قرار گیرد تا از این طریق بتوان توان ترسیب کربن خاک را بهبود بخشید. بهبود پتانسیل ترسیب کربن، معادل افزایش زیست‌توده گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و جلوگیری از فرسایش است (Jafarian & Tayefeh Seyyed Alikhani, 2013). بنابراین، هر گونه اقدامی که باعث افزایش پوشش گیاهی گردد، به‌طور غیرمستقیم در بهبود ترسیب کربن تأثیرگذار خواهد بود.

جدول 5- مقایسه میانگین ترسیب کربن خاک در سطوح خاک‌ورزی و الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا

Table 5- Mean comparisons for soil carbon sequestration under different tillagelevels and intercropping patterns of corn and bean

		ترسیب کربن Carbon sequestration (Kg C.ha^{-1})			
سیستم خاک‌ورزی Tillage systems	الگوی کشت Planting patterns	درصد بقایای گیاهی Plant residues (%)			
		0	30	60	90
رایج Conventional tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1001.71^{q*}	1483.02^{j}	1757.51^{b}	1825.55^{z}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	836.33^{r}	1230.9^{n}	1734.76^{c}	1834.57^{zy}
	2:2	1145.12^{o}	1301.7^{m}	1648.17^{e}	1916.12^{zy}
	3:1	1155.5^{o}	1485.66^{j}	1774.26^{a}	1834.57^{zy}
	1:3	1039.54^{p}	1427.88^{l}	1872.39^{x}	1872.39^{x}
کم خاک‌ورزی Reduced tillage	ذرت خالص Corn sole cropping	1530.03^{hg}	1734.76^{c}	1915.9^{w}	2944.34^{h}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	1573.16^{f}	1841.62^{y}	2272.78^{p}	2835.4^{k}
	2:2	1515.73^{hi}	2115.75^{s}	2174.56^{q}	2849.22^{kj}
	3:1	1696.38^{d}	2074.59^{t}	1992.97^{u}	2855.92^{j}
	1:3	1503.9^{i}	2144.36^{r}	1987.18^{u}	2874.9^{i}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	ذرت خالص Cornsole cropping	1454.9^{k}	2323.6^{o}	2875.51^{i}	3834.90^{d}
	لوبیا خالص Bean sole cropping	169.26^{d}	2454.1^{n}	2952.46^{h}	3896.92^{c}
	2:2	1538.2^{g}	2456.7^{n}	3192.92^{e}	4154.33^{a}
	3:1	1456.9^{k}	2624.4^{m}	2996.5g	4025.58^{b}
	1:3	1657.2^{e}	2644.3^{l}	3162.7^{f}	3905.28^{c}

*میانگین‌های با حروف مشترک برای هر پارامتر بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. با توجه به تعداد زیاد تیمار و گروه بندی متعدد تیمار به‌جای کلیه حروف گروه بر روی اعداد فقط حرف اول وآخر گروه‌بندی ذکر گردید.

*Meanswiththe same letters are not significantly different at 5% level of probability based on Duncan's multiple range test. Regarding the many number of treatments and grouping of several treatments, instead of all the letters of the group, only the first letter and grouping were mentioned on the numbers.

در تیمار بی‌خاک‌ورزی ترسیب کربن در سیستم‌های مختلف کشت مخلوط بیش‌تر از کشت خالص ذرت و لوبیا بود؛ به‌طوری‌که در الگوهای مختلف کشت بالاترین میزان ترسیب کربن در نسبت کشت مخلوط 2:2 و کم‌ترین میزان در کشت خالص دو گیاه به‌دست آمد. نسبت‌های کشت مخلوط 2:2، 3:1 و 1:3 توان ترسیب کربن خاک را به‌ترتیب 3/77، 3/05 و 1/34 درصد نسبت به کشت خالص ذرت و 4، 3/28 و 1/58 درصد نسبت به کشت خالص لوبیا افزایش دادند (جدول 5). مطالعات پیچل و همکاران (Peichl et al., 2006) نیز حاکی از این بود که کشت مخلوط در مقایسه با سیستم‌های تک‌کشتی پتانسیل بالایی در ترسیب کربن خاک و کاهش غلظت

دی‌اکسیدکربن اتمسفری دارند. تواتاسا و گوردون (Thevathasan & Gordon, 2004) نیز بـه افـزایش چهـار برابـری ترسـیب کـربن در سیستم‌های کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی اشاره کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار بـدون خـاک‌ورزی، حضـور بقایای گیاهی و کشت مخلوط موجب بهبود عناصر غذایی خاک شده است. طوری‌که بیش‌ترین میزان نیتروژن در تیمار بی‌خاک‌ورزی، 60 درصد بقایا و نسبت کشت 2:2 اگرچه بـا نسـبت کشـت 1:3 تفـاوت معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین میزان کربن آلی خاک در تیمـار بـی-خاک‌ورزی، 90 درصد بقایا و کشت مخلوط با نسبت 1:3 به‌دست آمد. برتری نسـبت کشـت مخلـوط 1:3 و 2:2 در افـزایش کـربن آلـی و نیتروژن خاک می‌تواند به‌دلیل برتری (غالبیت) لوبیـا بـر ذرت باشـد. گیاهان لگومینوزه از طریق هم‌زیستی قادر بـه تثبیـت بیولـوژیکی N اتمسفری بوده و آن را برای محصولات همراه قابل استفاده می‌کند از این رو منجر به افزایش کیفیت خاک و کربن آلی خاک می‌گردد.

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پتاسیم قابل دسترس به‌ترتیب مربوط به تیمارهای بی‌خاک‌ورزی، 90 درصد بقایای گندم و نسـبت کشـت 2:2 و خاک‌ورزی رایج، صفر درصد بقایای گندم و کشت خالص ذرت بود. اسیدیته پایین خاک‌های شخم‌نخورده می‌تواند هوادیـدگی مـواد معدنی و پتاسیم تبادلی را افزایش دهد و پتاسیم ناشـی از هـوازدگی مواد معدنی می‌تواند در خاک‌های شخم‌نخورده بیش‌تر باشـد. نتـایج نشان داد افزایش نسبت ذرت در کشت مخلوط باعث کاهش میـزان پتاسیم خاک و افزایش نسبت لگوم در کشت مخلوط باعـث افـزایش پتاسیم آن گردید.

کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار خاک‌ورزی رایج، 90 درصد بقایـا و نسـبت کشـت 3:1 بـود. از آن‌جـا کـه وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار خلل و فرج خاک، رابطه عکس دارد، به نظر می‌رسد اجرای خاک‌ورزی فشرده بـا زیـر و رو کـردن خـاک موجب افزایش تخلخل و بهبـود وزن مخصـوص ظـاهری خـاک در مقایسه با خاک‌ورزی متوسط و حداقل شده است. برگرداندن بقایـای گیاهی به خاک به‌مرور زمان موجب افزایش ماده آلی خاک مـی‌شـود که این موضوع منجـر بـه کـاهش وزن مخصـوص ظـاهری خـاک می‌گردد. هم‌چنین یافته‌های این تحقیق حاکی از این بود که در بین الگوهای مختلف کشت، کشت مخلوط با نسبت کشت 2:2 بیش‌ترین پتانسیل کـربن در خـاک را بـه خـود اختصـاص داد. یکـی دیگـر از کارکردهای مهم اکوسیستمی مرتبط با کشت مخلوط، بهبود پتانسیل ترسیب کربن می‌باشد. بهبود ذخیره کـربن آلـی خـاک در الگوهـای کشت مخلوط و تیمار بی‌خاک‌ورزی می‌تواند گام مهمـی در راسـتای تعدیل اثرات منفی تغییر اقلیم باشد.

منابع

Abera, G., Wolde-meskel, E., and Bakken, L.R. 2012. Carbon and nitrogen mineralization dynamics in different soils of the tropics amended with legume residues and contrasting soil moisture contents. Biology and Fertility of Soils 48: 51–66.

Abberton, M. 2010. Enhancing the role of legumes: Potential and obstacles. Integrated Crop Management11:177-187.

Abiven, S., Recous, S., Reyes, V., and Oliver, V. 2005. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. Biology and Fertility of Soils 42: 119-128.

Agostini, M.A., Studdert, G.A., San Martino, S., Costa, J.L., Balbuena, R.H., Ressia, J.M., Mendivil, G.O., and Lázaro, L. 2012. Crop residue grazing and tillage system effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.) performance. Journal Soil Science Plant Nutrition 12: 271–282.

Akbari, F., Poori, K., Kamkar, B., and Alimagham, S.M. 2011.Effect of wheat, soybean and cotton residues on soil potassium content and its uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3(2): 163-171. (In Persian with English Summary)

Akpan, I., Eteng, E.U., and Willi, E.S. 2016. Assessment ofgroundnut/maize intercropping system on soil bulk density and volumetric moisture content grown in a typic paleudult soil of Southeastern Nigeria. Direct Research Journals 4(8): 228-232.

Anderson, M.D., and Lockeretz, W. 2003. Sustainable agriculture research in the ideal and in the field. Journal of Soil and Water Conservation 47: 100-104.

Asghar, M., Lack, D.W., Cowie, B.A., and Parker, J.C. 1996. Effects of surface soil mixing after long-term zero tillage on soil nutrient concentration and wheat production. p. 88–91. In: Asghar, M. (Ed.), Proceedings of the 8^{th} Australian Agronomy Conference, the Australian Society of Agronomy Inc. Toowoomba, Queensland.

Aulakh, P.S., Vij, V.K., and Baidwan, R.P.S. 2004. Studies on the effects of intercrop biomass onsoil and tree health of Kinnow Mandarin. New Delhi: Indian Society of Horticulture.

Berg, B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. Forest Ecology and Management 133: 13–22.

Bessam, F., and Mrabet, R. 2003. Long-term effect of tillage and cropping systems on particulate organic matter of a Calcixeroll soil of semi-arid Morocco. In: Proceedings 16th Triennial Conference of International Soil Tillage Research Organisation, Brisbane, Australia, 13-18 July, p. 144-149.

Bescansa, P., Imaz, M.J., Virto, I., Enrique, A., and Hoogmoed, W.B. 2006. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil and Tillage Research 87: 19-27.

Bhatt, R., and Khera, K.L. 2006. Effect of tillage and modeofstrawmulch application on soil erosion in the Submountain oustract of Punjab, India. Soil andTillage Research 88:107–115.

Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. (V.I). American Society of Agronomy, 1572 pp.

Blanco-Canqui, H., and Lal, R. 2007. Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil and Tillage Research 95: 240-254.

Blanco-Canqui, H., Lal, R., and Post, W.M. 2006. Corn stover impacts on near surface soil properties of no-till corn in Ohio. Soil Science Society of America Journal 70: 266-278.

Bremner, J.M. 1970. Nitrogen total, regular Kjeldahl method. In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. 2nd Ed. Agronomy. A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison publisher, Wisconsin., USA. 9: 610-616.

Busari, M.A., Kukal, S., Kaur, A., Bhatt, R., and Dulazi, A. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. International Soil and Water Conservation Research 3: 119-129.

Duong, T.T.T. 2009. Dynamics of plant residue decomposition and nutrient release, school of earth and environmental science. The University of Adelaide, Australia.

Dahmardeh, M. 2010. Study of ecophysiological aspects of corn (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on forage quality and quantity of S.C 704 hybrid. PhD Thesis, University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

DeMaria, I.C., Nnabude, P.C., and DeCastro, O.M. 1999. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. Soil and Tillage Research 51: 71-79.

Dam, R.F., Mehdi, B.B., Burgress, M.S.E., Madramootoo, C.A., Mehuys, G.R., and Callum, I.R. 2004. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. Soil and Tillage Research 84: 41-53.

El Titi, A. 2010. Soil Tillage in Agroecosystems.Taylor and Francis, Nature 384 pp.

Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K., and Tomar, O.K. 2006.Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. Soil and Tillage Research 88: 242-252.

Fornara, D.A., and Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. Journal of Ecology 96:314-322.

Gil, J.L., and Fick, W.H. 2001. Soil nitrogen mineralization in mixtures of eastern Gama grass with Alfalfa andred clover. Agronomy of Journal 93: 902-910.

Guzmán, J.G., Godsey, C.B., Pierzynski, G.M., Whitney, D.A., and Lamond, R.E. 2006. Effects of tillage and nitrogen management on soil chemical and physical properties after 23 years of continuous sorghum. Soil and Tillage Research 91: 199–206.

Hajabbasi, M.A., and Hemmat, A. 2000. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. Soil and Tillage Research 59: 205-212.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2014. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. Water and Soil Science 4: 261-271. (In Persian with English Summary)

Hodiani mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Asgharipoor, M.R. 2017. Effects of tillage systems on changes of soil nutrients, yield and land equivalent ratio in roselle- green gram intercropping. Journal of Field Crops Research 15: 311-322. (In Persian with English Summary)

Hosseini, M., Movahedi Naeini, S.A.R., and Bameri, A. 2015. The effects of different tillage methods on available soil potassium measuredby various extractors in a soil with high specific surface area. Journal of Water and Soil 29:966-979.(In Persian with English Summary)

Jafarian, Z., and Tayefeh Seyyed Alikhani, L. 2013. Carbon sequestration potential in dry farmed wheat in Kiasar region. Journal of Agricultural Science 23(1): 31-41. (In Persian with English Summary)

Jin, K., Sleutel, S., and Buchan, D. 2009. Changes of enzyme activities under different tillage practices in the Chinese Loess Plateau. Soil and Tillage Research 104: 115-120.

Kahlon, M.S., Lal, R., and Varughese, M.A. 2013. Twenty years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. Soil and Tillage Research 126: 151–158.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Jafari, L. 2016. Evaluating the potential of carbon sequestration for canola fields under Khorasan Razavi Province. Electronic Journal of Crop Production 9(3): 22-43. (In Persian with English Summary)

Kong, A.Y.Y., Six, J., Bryant, D.C., Denison, R.F., and van Kessel, C. 2005. The relationship between carbon input, aggregation, and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. Soil Science Society of America 69: 1078-1085.

Kukal, S.S., and Benbi, D.K. 2009. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice–wheat and maize–wheat systems. Soil and Tillage Research 102: 87-92.

Lal, R. 2005. World crop residues production and implication of its use as a biofuel. Environment International 31: 575–586.

Limousin, G., and Tessier, D. 2007. Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. Soil and tillage Research 92: 167-174.

Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Damalas, C.A., Vasilakoglou, I.B., and Eleftherohorinos, I.G. 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates and on labor and fuel consumption. Crop Science 46: 1187-1192.

Mahmoudi Taleghani, E., Zahedi Amiri, G.H., Adeli, E., and Sagheb-Talebi, K.H. 2007. Assessment of carbon sequestration in soil layers of managed forest. Iranian Journal of Forest and Poplar Research 15(3): 241-252. (In Persian with English Summary)

Maheswarappa, H.P., Hegda, M.B., Dhanapal, R., and Biddappa, C. 1998. Mixed forming in coconut garden: Its impact on soil physical, chemical properties, coconut nutrition, and yield. Journal of Plantation Crops 26(2): 39–143.

Malhi, S.S., and Lemke, R. 2007. Tillage, crop residue and N fertilizer effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality and nitrous oxide gas emissions in a second 4-yr rotation cycle. Soil and Tillage Research 96: 269–283.

Malhi, S.S., Lemke, R.L., Wang, Z., Farrell, R., and Chhabra, B.S. 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield and nutrient uptake, soil quality and greenhouse gas emissions. Soil and Tillage Research 90: 171–183.

Markewitz, D., and Richter, D.D. 2000. Long-term soil potassium availability from a Kanhapludult to an aggrading loblolly pine ecosystem. Forest Ecology and Management 130: 109–129.

Martin-Rueda, I., Munoz-Guerra, L.M., Yunta, F., Esteban, E., Tenorio, J.L., and Lucena, J.J. 2007. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calciortidic Haploxeralf. Soil and Tillage Research 92: 1–9.

Mbah, C.N., and Nneji, R.K. 2011. Effect of different crop residue management techniques on selected soil properties and production of maize. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4149-4152.

Mc Conkey, B.G., Liang, B.C., Campbell, C.A., Curtin, D., Moulin, A., Brandt, S.A., and Lafond, G.P. 2003. Crop rotation and tillage impact on carbon sequestration in Canadian prairie soils. Plant and Soil 74(1): 81-90.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi university of Mashhad Press, Iran 459 p. (In Persian)

Nath, V., Das, B., Rai, M., Dey, P., Kumar, S., and Kumar, M. 2003. Mango-based cropping system foruplands of subhumid plateau region of eastern India. Progressive Horticulture 35(2): 142–145.

Njoka-Njiru, E.N., Njariu, M.G., Abdolrezak, S.A., and Mureithi, J.G. 2006. Effect of intercropping herbaceous legumes with Napier grass on dry matter yield and nutritive value of the feedstuffs in semi-arid region of Eastern Kenya. Agriculture Tropical ET Subtropical 39(4): 225-262.

Nzabi, A.W., Makini, F., Onyango, M., Kidula, N., Muyonga, C.K., Miruka, M., Mutal, E., and Gesare, M. 1999. Effect of intercropping legume with maize on soil fertility and maize yield.Kenya Agricultural Research Institute, Kisii Regional Research Center. P.O. Box 523, Kisii.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watenabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris, 939. USA. Organic Residues: Research Opportunities. Journal of Environmental Quality 34: 75-79.

Ozpinar, S., and Cay, A. 2006. Effect of different tillage systems on the quality and crop productivity of a clay–loam soil in semi-arid North-Western Turkey. Soil and Tillage Research 88: 95–106.

Pal, S., Chattopadhyay, B., and Mukhopadhyay, S.K. 2016. Importance of agriculture and crop residues in carbon sequestration and nutrient enrichment at agricultural farms of East Kolkata Wetland area, a Ramsar site. Current Science 110: 1330-1337.

Peichl, M., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Huss, J., and Abohassan, R.A. 2006.Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada. Agroforestry systems 66: 243-257.

Recous, S.D., Darwis, S., and Mary, B. 1995. Soil inorganic N availability: effect on maize decomposition. Soil Biology and Biochemistry 37: 359-374.

Roldan, A., Caravaca, F., Hernandez, M.T., Garcia, C., Sanchez-Brito, C., Velasquez, M., and Tiscareno, M. 2003. No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maizein Patzcuaro watershed (Mexico). Soil and Tillage Research 72: 65–73.

Roldan, A., Salinas, G.J.R., Alguacil, M.M., Diaz, E., and Caravaca, F. 2005. Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field. Soil Ecology 30: 11–20

Sainju, U.M., Schomberg, H.H., Singh, B.P., Whitehead, W.F., Tillman, P.G., and Lachnicht-Weyers, S.L. 2007. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil and Tillage Research 96: 205-218.

Schroder, S., Begemann, F., and Harrer, S. 2007. Agrobiodiversity monitoring documentation at European level. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit 1: 29-32.

Shan, H., Yan-Ni, S., Wen-Yi, R., Wu-Ren, L., and Wei-Jian, Z. 2010. Long-term effect of no-tillage on soil organic carbon fractions in a continuous maize cropping system of northeast China. Pedosphere 20(3): 285-292.

Sharma, P.K., and Acharya, C.L. 2000. Carry-over of residual soil moisture with mulching and conservation tillage practices for sowing of rainfed wheat (*Triticum aestivum* L.) in north-west India. Soil and Tillage Research 57: 43–52.

Singh, G., Jalota, S.K., and Singh, Y. 2007. Manuring and residue management effects on physical properties of a soil under the rice-wheat system in Punjab, India. Soil Tillage and Research 94: 229-238.

Soane, B.D., Ball, B.C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., and Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. Soil and Tillage Research 118: 66-87.

Sudin, P., Buddhadeb, C., and Mukhopadhyay, S.K. 2016. Importance of agriculture and crop residues in carbon sequestration and nutrient enrichment at agricultural farms of East Kolkata Wetland area, a Ramsar site. Current Science 110: 1330-1337.

Swain, S.C., and Patro, L. 2007. Horticulture-based cropping system: A strategy for sustainable development in rainfed upland. In Environmental hazards, ed. L. Patro and S. N. Tripathy, p. 44–69. New Delhi: Sonali.

Swain, S.C., Dora, D.K., Sahoo, S.C., Padhi, S.K., and Sanyal, D. 2012. Influence of mango-based intercropping systems on improvement of soil health under rainfed situation. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43:2018–2026.

Tan, Z., and Lal, R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment126: 113-121.

Thelen, K.D., Fronning, B.E., Kravchenko, A., Min, D.H., and Robertson, G.P. 2010. Integrating livestock manure with a corn–soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. Biomass and Bioenergy 34(7): 960-966.

Thevathasan, N.V., and Gordon, A.M. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada. In: New Vistas in Agroforestry (pp. 257-268). Springer Netherlands.

Thomas, G.A., Dalal, R.C., and Standley, J. 2007. No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research 94: 295–304.

Trinsoutrot, I., Recous, S., Bentz, B., Lineres, M., Cheneby, D., and Nicolardot, B. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. Soil Science Society of America Journal 64: 918-926.

Tripathi, R.P., Sharma, P., and Singh, S. 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil and Tillage Research 92: 221-227.

Vandermeer, J.H. 1992. The Ecology of Intercropping.Cambridge University Press.

Van Kessel, C., and Harley, C. 2000. Agricultural management of grain legumes: Has it lead to anincrease in nitrogen

fixation? Elsevier Science 65:165-181.

Varley, J.A. 1966. Automatic methods for the determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material. Analyst 91: 119-126.

Verma, T.S., and Bhagat, R.M. 1992. Impact of rice straw management practices on yield, nitrogen uptake and soil properties in a wheat-rice rotation in northern India. Fertilizer Research 33: 97-106.

Vyn, T.J., and Raimbult, B.A. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. Agronomy Journal 85(5): 1074-1079.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Wang, Q., Li, Y., and Alva, A. 2010. Growing cover crops to improve biomass accumulation and carbon sequestration: A phytotron study. Journal of Environmental Protection 1(2): 73-84.

Whitbread, A.M., Blair, G.J., and Lefroy, R.D.B. 2000.Managing legume leys, residues and fertilizers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia. Soil and Tillage Research 54: 63–75.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1123-1138

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1138-1123

Effect of Tillage Systems and Crop Residues on Soil Bulk Density and Chemical Properties under Corn (*Zea mays* L.) -Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropping

F. Akbari[1], M. Dahmardeh[2*], A. Morshedi[3], A. Ghanbari[4] and S. Khorramdel[5]
Submitted: 21-04-2018
Accepted: 19-08-2018

Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshedi, A., Ghanbari' A., and Khorramdel, S. 2019. Effect of tillage systems and crop residues on soil bulk density and chemical properties under corn (*Zea mays* L.)-bean (*Phaseolusvulgaris* L.) intercropping. Journal of Agroecology. 11(3): 1123-1139.

Introduction

Management practices such as soil tillage can be used as a suitable alternative to reduce the crisis and increase the amount of organic carbon in the soil, along with the improvement of soil physicochemical properties. Long use of the conventional tillage system leads to reduced organic carbon content, soil destruction, reduced water penetration into the soil, and ultimately increased water erosion and wind. It has been established that disturbing the soil through tillage operations is not actually required to obtain good crop yields, and also a major portion of energy (25–30%) in agriculture is utilized for either field preparation or crop establishment, where conventional tillage is mostly followed. The rising cost of fuel and availability of effective package of practices for conservation tillage are now redefining tillage in Iran in recent years. However, the impact of conservation tillage on soil physical environment is not always positive and varies from one soil to the other and also between the cropping systems. Plant residues, by replacing or providing nutrients in the soil, maintain soil fertility, increase organic matter, water capacity, improve physical, chemical and biological properties creating diversity in management methods and different forms of exploiting resources. In other words, increasing agricultural diversity is one of the best and most effective ways to achieve sustainable production.The present investigation was therefore undertaken to determine the effects of tillage and crop residue management on soil bulk density and chemical properties in intercropping of corn and bean under Shahrekord's climatic conditions.

Materials and Methods

This study was conducted to evaluate the effects of different tillage levels and crop residue management on total nitrogen, organic carbon, available P and K, bulk density and carbon sequestration of soil compared to the beginning of the experiment. Hence, an experiment was performed using split- split plot based on a randomized complete block design with three replications in Agricultural Research Field of Shahrekord during 2016–2017. Tillage with three levels (conventional, minimum, and no-tillage) and four levels of crop residues (0, 30, 60, and 90% of straw yield of wheat) and five intercropping patterns including corn and bean sole cropping, corn and bean ratio with 2:2, 3:1 and 1:3 were considered as main, sub and sub-sub plots, respectively. Total Nitrogen content (TN), available P, available K, and bulk density were measured by the Kejldahl (Bremner, 1970) and Olsen methods (Olsen et al., 1954), flame photometry and Black (1965) procedures, respectively. Data analysis included the analysis of variance and mean comparisons using LSD which carried out using SAS software.

Results and Discussion

1, 2 and 4- Ph.D Student in Agroecology, Associate Professor and 4Professor of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
3- Associate Professor, University of Shahrkord, Sahrekord, Iran
5-Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: dahmard@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.72178

Increasing compaction of tillage with soil degradation mineral decomposition and plant residues reduced total nitrogen, organic carbon, available potassium and soil bulk density. The highest and the lowest available K were related to no-tillage treatment, 90% of crop residue and 2:2 ratio and conventional tillage treatment, sole cropping, and without crop residue respectively. The lowest soil bulk density related to conventional tillage, 90% residue, and 3:1 ratio. Conservation of plant residues through protective tillage over time will increase soil organic matter, which will reduce the bulk density of the soil. The highest and the lowest soil carbon sequestration were computed in no-tillage treatment, 90% of crop residue and 2:2 with 4154.33 $kg.ha^{-1}$ and conventional tillage,without crop residue and bean sole cropping with 836.33 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Conclusion

Investigation showed that the no-tillage treatments and intercropping increased the efficiency of environmental resources and improved the soil nutrient, significantly. The highest organic carbon and total nitrogen were achieved 1:3 and 2:2 ratio, which is indicative of the excellence of intercropping compared to sole cropping. The amount of organic carbon has shown an increase in soil fertility using no-tillage with the conservation of residues and increase percent of bean in intercropping.

Keywords: Available K, Carbon sequestration, Conservation tillage, Soil porosity